CAMBIOS HISTOMORFOLOGICOS EN LOS TESTES DEL CAPITAN, *EREMOPHILUS MUTISII* (TRICHOMYCTERIDAE, SILURIFORMES), DURANTE EL CICLO REPRODUCTIVO ANUAL EN EL SISTEMA DEL RIO BOGOTA EN COLOMBIA

Por
PLUTARCO CALA *

RESUMEN

Esta investigación establece los cambios histomorfológicos testiculares en el capitán, *Eremophilus mutisii,* en el sistema del río Bogotá. Peces con testículos vacíos aparecen a comienzos de mayo, y su subsecuente presencia en junio, julio y agosto indica la duración de la fase reproductiva. La mayoría de estos peces se reproducen en junio y julio. La espermatogénesis en *E. mutisii* puede dividirse en cuatro estadios: Formación de agregados de espermatogonios (Figs. 6 & 10-12). Maduración o formación de espermatocitos (T), espermátides (D) y espermatozoides (Z) (Figs. 1-6 & 12). La pared lobular se rompe y da paso a los espermatozoides maduros y viables que llenan los conductos espermáticos (Figs. 7 & 8). Período de involución (Figs. 9-11). El esperma residual es, probablemente, engullido por fagocitosis, aparecen quistes de células germinales en las paredes lobulares. Capitanes con una longitud total mayor de 15 cm se encontraron sexualmente maduros.

SUMMARY

The main purpose of this research is to establish the annual morphohistological changes in the testes of the fish *Eremophilus mutisii* in the río Bogotá basin in Colombia. Spent testes appear in early May, and the sub-

---

* Profesor Asociado, Departamento de Biología, Apartado Aéreo 23227, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

sequent presence in June, July and August indicates the duration of the reproductive phase. Most fishes spawn in June and July. The spermatogenic process of *E. mutisii* shows that it undergoes distinct morphological changes which are of cyclic and seasonal nature. Four stages can broadly be recognised: Formation of aggregates of spermatogonia (Figs. 6 & 10-12). Formation of the spermatocytes (T), spermatids (D) and spermatozoa (Z) (Figs. 1-6 & 12). Completely mature and viable spermatozoa fill the sperm ducts (Figs. 7 & 8). Period of involution (Figs. 9-11) - the residual sperm (E) is, probably, engulfed by a phagocytic process, and clusters of primordial germ cells (C) occur at the margin of the lobules. *E. mutisii* greater than 15 cm in total length were mature. Their gonosomatic index exhibited seasonal variation (Table 1 & Graph 1).

INTRODUCCION

Este trabajo complementa otro sobre la oogénesis y desove del pez capitán de la Sabana de Bogotá, *Eremophilus mutisii* Humboldt 1805, realizado por CALA & SARMIENTO (1982). Esta investigación sobre los cambios histomorfológicos durante la espermatogénesis y ciclo reproductivo anual de *E. mutisii* concluye el estudio básico sobre el ciclo reproductivo anual de la especie.

Durante la investigación se colectaron 145 especímenes, 57.2% hembras y 42.8% machos. Las capturas se hicieron mensualmente y las gónadas fueron fijadas en solución Bouin. Posteriormente fueron lavadas varias veces en etanol al 70%. Se hicieron secciones transversales de aproximadamente 5 mm de longitud en la parte anterior del teste derecho de cada pez. De cada sección se prepararon 10 láminas con aproximadamente 10 cortes de 6 micras de espesor en cada una. Las secciones fueron previamente montadas en parafina luego de haber sido deshidratadas con tetrahidrofurano ($C_{14}H_8O$). Los cortes de las láminas fueron coloreados con hematoxilina según HEIDENHAIN. Todas las microfotografías corresponden a cortes transversales de la parte anterior del teste derecho.

RESULTADOS

No se observó dimorfismo sexual externo en *Eremophilus mutisii;* sin embargo, inmediatamente antes y durante el desove —principalmente de abril a agosto— las hembras son fácilmente separables por el mayor tamaño del abdomen y porque la coloración amarillo-dorado del vientre es más intensa (CALA & SARMIENTO, 1982). Los testes son pares y se encuentran en posición ventro-lateral con relación al estómago (y no con relación a la vejiga natatoria, como erróneamente fue publicado en CALA & SARMIENTO, 1982). Ocupan aproximadamente dos terceras partes de la cavidad celómica y se unen dorsalmente a la pared de ésta a través del mesorquio. Con base en esta investigación se establecen cuatro estadios en la formación, desarrollo y madurez de los espermatozoos como se ilustra en las figuras 1-12.

Estadio I (Figs. 6 & 10-12). Formación de los espermatogonios (G). La pared lobular o "lobule boundary cells" (MARSHALL & LOFTS 1956), está formada por un estrato de tejido conectivo fibroso en los peces en proceso de maduración sexual. La superficie interna de esta pared, o periferia lobular, está ocupada por células germinales primordiales (C) fáciles de reconocer principalmente después de la reproducción o período de involución, ya que son las células más grandes que se encuentran en los testes (Fig. 9). Algunas de estas células se dividen y forman los espermatogonios primarios, otras constituyen una reserva de células primordiales que persisten a través de todos los estadios de la espermatogénesis. Más tarde, durante este proceso, en los lóbulos aparecen agregados o quistes de espermatogonios (Fig. 12). Cada quiste se origina de un número de divisiones consecutivas de un solo espermatogonio primario, y es rodeado por una cápsula membranosa delgada que parece continua con el estrato celular circundante o limítrofe de las paredes de los lóbulos (Fig. 12). Los espermatogonios, al igual que las células germinales primordiales, son más abundantes en machos de *Eremophilus mutisii* con un índice gonosomático (IG) cercano a 4%, o inmediatamente después de reproducción y período de involución.

Estadio II (Figs. 1, 6 & 12). Proceso espermatogenético o formación de los espermatocitos (T), espermátides (D) y espermatozoos (Z). Este estadio marca la espermatogénesis o ciclo reproductivo anual, luego de la fecundación e involución gonadal del pez. Durante este período los espermatogonios se organizan definitivamente en quistes bien separados uno del otro, el lumen (L) está bien diferenciado y en parte aún conserva esperma residual (E) (Fig. 12). Luego el teste aumenta de tamaño debido al incremento en la formación de nuevos quistes y repetición de divisiones espermatogoniales dentro de cada uno. Así, testes de *Eremophilus mutisii* con espermatocitos se consideran maduros, *i. e.,* estos peces participarán en la fecundación de huevos en el próximo período reproductivo de la especie. La coloración externa de los testes cambia de rojiza a blancuzca, indicando la presencia de espermatozoos. Esta observación macroscópica se confirmó a través del presente estudio. Durante este estadio, las paredes interlobulares empiezan a adelgazarse. Las observaciones del número de espermatocitos por cada quiste sugiere que cada unidad celular se origina por varias divisiones consecutivas de un mismo espermatogonio primario. Posteriormente la membrana que rodea al quiste se rompe al alcanzar las espermátides un estado avanzado de desarrollo, para completar su metamorfosis o maduración libres en el lumen.

Cada quiste madura independientemente. Casi todas sus células están en el mismo estadio espermatogónico simultáneamente y no hay desarrollo serial de los quistes a lo largo de un eje principal del lóbulo (Fig. 12). Los lóbulos cercanos al conducto espermático, al parecer, contienen mayor número de espermatocitos, espermátides y espermatozoos que los más distantes. Así, al final del estadio (marzo - abril) o poco antes de la reproducción, los lúmenes se llenan de espermatozoos o esperma maduro (Fig. 7). Este estadio aparece en individuos de la especie estudiada con un índice gonosomático (IGS) inferior de 6%.

Estadio III (Figs. 7 & 8). Espermatozoos maduros viables. Es decir, los peces están fisiológicamente listos para la reproducción. El tejido conectivo interlobular, o pared celular, se rompe en determinados sitios, dando paso a los espermas maduros al conducto espermático (Fig. 8). Los espermatozoos se derraman al presionar el abdomen del pez. No hay presencia de espermatogonios, espermatocitos y espermátides. Los conductos espermáticos primarios y secundarios están llenos de esperma maduro. El IGS es mayor de 6%.

Estadio IV (Figs. 9-11). Período de involución. Inmediatamente después del período reproductivo el tejido conectivo colapsa, las paredes de los lóbulos se engrosan de nuevo y los diámetros de los lóbulos disminuyen. Una buena parte de los espermatozoos maduros no es eyaculada durante la reproducción y es retenida dentro de los lóbulos seminíferos, como también dentro del sistema de conductos eferentes. Esperma residual (E) puede observarse en testes del capitán uno o dos meses después de la reproducción del pez. Esperma residual ha sido observado en otros teleósteos de agua dulce uno o dos meses después de la reproducción (TURNER 1919, MATHEWS 1938, JAMES 1946). HENDERSON (1962) encontró que la remoción de esperma residual, en truchas de río mantenidas en laboratorio, frecuentemente dura hasta seis meses. CALA (1976) constató esperma residual, en un ciprínido de aguas templadas, siete meses después de la reproducción del especimen. El esperma residual es engullido probablemente por fagositosis. Este es más abundante inmediatamente después del período reproductivo.

Durante este estadio, las células germinales primordiales (C) de nuevo empiezan una fase de intensa actividad celular iniciando la espermatogénesis con la formación de la nueva generación de espermatogonios primarios y secundarios, que darán origen a espermatocitos primarios y secundarios, los cuales a su vez originarán espermátides que luego por metamorfosis y maduración formarán los espermatozoos al final del siguiente ciclo reproductivo.

CICLO REPRODUCTIVO

El ciclo reproductivo anual y espermatogénesis de *Eremophilus mutisii* pudieron ser determinados con base en esta investigación y ser ampliamente estudiados bajo tres fases principales, descritas a continuación:

Fase pre-reproductiva (Figs 1-6). Esta fase —septiembre a abril— va desde el estadio I, a través del estadio II, hasta el estadio III, o desde la formación de los espermatogonios y subsecuentemente la de los espermatocitos, espermátides y espermatozoos. Al finalizar la fase, el ciclo espermatogenético se ha completado con la formación de los espermatozoos. Durante el verano o período de sequía —diciembre a marzo— el teste atraviesa por una fase de poca actividad gonadal. Peces teleósteos de zonas templadas que se reproducen en la primavera, atraviesan un período de inactividad gonadal durante los meses del invierno. Este período quiescente puede ocurrir antes o después de completar el ciclo espermatogenético. Así, v. g. en *Phoxinus laevis* (BULLOUGH 1939) y *Notropis bifrenatus* (HARRINGTON 1957), la formación espermatogonial ocurre solamente antes del invierno y la espermatogénesis no empieza sino al final del invierno. Mientras que en los peces *Perca flavescens* (TURNER 1919), *Umbra limi* (FOLEY 1926), *Gasterosteus aculeatus* (CRAIG-BENNETT 1931), *Enneacanthus obesus* (HARRINGTON 1956), *Esox lucius* (LOFTS & MARSHALL 1957), *Idus idus* (CALA 1976), la proliferación espermatogonial y espermatogénesis se completa durante el otoño. Ninguna otra actividad gonadal tiene lugar hasta la primavera cuando ocurre la reproducción. Sin embargo, HENDERSON (1962) no encontró período quiescente en *Salvelinus fontinalis,* pez que se reproduce en el otoño. Esto significa que la proliferación espermatogonial comienza tan pronto como el período de "madurez funcional" termina y continúa lentamente a través de los meses de invierno y primavera. Un período de intensa proliferación espermatogonial se inicia en el verano, que termina con la madurez gonadal al principio del otoño.

Fase reproductiva (Figs. 7 & 8). La reproducción se lleva a cabo entre mayo y agosto. Este tiempo amplio de reproducción no se debe a que un mismo individuo se reproduzca por etapas o intermitentemente. Parece que esta especie desova y fecunda sus huevos, más o menos, continuamente sólo durante algunos días. Este fenómeno ha sido observado en peces tropicales. A principios del período se encuentran peces con gónadas completamente vacías, pero la mayoría de ellos se reproducen a mediados del período, junio-julio, y finalmente algunos en agosto. También se observó cierta tendencia que los primeros peces *Eremophilus mutisii,* en reproducirse, son los de mayor tamaño y finalmente los más pequeños, y probablemente los que se reproducen por primera vez. Similar comportamiento ha sido observado en otros peces de agua dulce en zonas templadas (v. g. Cala 1970).

Fase post-reproductiva (Figs. 9-12). Un teste inmediatamente después de la reproducción presenta lóbulos con el lumen bien definido por haber estado ocupado por los espermatozoos eyaculados durante la fecundación; no obstante se observa aun cierta cantidad de esperma residual, el cual es absorbido a medida que la proliferación de nuevos espermatogonios avanza. Las células germinales primordiales son abundantes en la periferia interna de los lóbulos o paredes lobulares (Fig. 9). La mera presencia de esperma residual y células germinales primordiales al comenzar el período de involución del teste, inmediatamente después de la reproducción, indica un período de inactividad gonadal justamente antes y durante la reproducción del pez, o una vez el ciclo espermatogenético ha concluido con la maduración y viabilidad de los espermatozoos.

En general esta fase empieza en agosto, luego del período reproductivo, pero en realidad, de acuerdo con la fase reproductiva, esta fase comienza en mayo para los primeros capitanes en reproducirse y en agosto para los últimos. Así, tan pronto el macho ha eyaculado lo indispensable, se inicia una intensa proliferación espermatogonial y el proceso espermatogenético se pone en marcha. Al comenzar el período seco (alrededor de diciembre) los testes ya están llenos de espermatozoos.

DISCUSION

El peso de los testes osciló entre 0.2 g para una gónada recientemente eyaculada (abril 12 de 1973) de un pez con una longitud total de 16.7 cm y 24.5 g de peso total y 4.2 g para un especimen inmediatamente antes de la reproducción (mayo 16 de 1973), con una longitud total de 18.7 cm y 42.2 g de peso total individual (Tabla 1). En la Tabla 1 y en la Gráfica 1 se puede ver que el peso del teste —por tanto el IGS o IM— varía significativamente durante la fase post-reproductiva, en comparación con la reproductiva y pre-reproductiva. El IGS es más alto inmediatamente antes de la reproducción. Esta característica es común en otras especies de peces, v. g. *Idus idus* (CALA 1971) y análoga al IGS de las hembras de esta especie (*vide* CALA & SARMIENTO 1982).

Este estudio histomorfológico y ciclo anual espermatogenético de los testes, muestra que ningún individuo de *Eremophilus mutisii* se reproduce por primera vez con una longitud total menor de 14 cm, lo cual significa que ningún ejemplar con talla inferior a los 14 cm (CALA y SARMIENTO 1982), ha alcanzado su madurez sexual y por tanto no debe capturarse. Ello garantiza la conservación de la especie.

Según la distribución por tallas o longitudes de los grupos de peces coleccionados y la histología gonadal, se puede deducir con cierta certeza que el capitán, *Eremophilus mutisii,* está sexualmente maduro y se reproduce por primera vez al tercer año de edad.

Existen dos teorías con respecto al origen de la producción anual de las células germinales en las gónadas de peces.

TABLA 1

Datos sobre longitud, peso y madurez (índice gonosomático, IGS, o de madurez, IM) de los peces machos *E. mutisii,* en la represa del Muña, sist. río Bogotá, durante el ciclo reproductivo anual (mayo 1972 - junio 1973).

Fecha	*Longitud total en cm*	*Peso total del pez en g*	*Peso de los testes en g*	*IGS o IM*
3.5.72	20.3	54.7	3.1	5.67
	19.1	51.1	3.4	6.65
	17.5	42.2	2.7	6.40
	18.0	37.6	1.5	3.99
	15.5	21.7	0.9	4.15
	16.2	31.1	2.0	6.43
	16.0	22.4	1.8	8.04
	14.6	18.5	1.0	5.40
28.6.72	16.2	27.3	0.6	2.20
	19.8	45.0	2.0	4.44
	18.1*	29.5	0.8	2.71
	16.6	24.8	1.6	6.45
	16.0	25.2	1.5	5.95
	17.1	27.9	1.5	5.38
	17.5*	23.9	0.3	1.25
	18.3	31.7	1.0	3.15
	17.8	30.7	1.6	5.21
9.8.72	19.0	46.5	1.5	3.22
	18.7*	30.4	1.9	6.25
	15.5	28.9	1.0	3.46
	17.6	33.0	1.3	3.94
	18.6	37.9	2.6	6.86
25.10.72	16.9*	34.0	2.3	6.76
	17.5*	37.0	2.5	6.76

Fecha	*Longitud total en cm*	*Peso total del pez en g*	*Peso de los testes en g*	*IGS o IM*
	16.0	33.8	2.7	7.99
	16.4	34.1	2.8	8.21
15.11.72	16.7*	29.5	2.2	7.46
	18.0	34.5	3.0	8.69
18.1.73	16.0	23.8	1.0	4.20
	17.0	35.3	2.4	6.80
	17.0	31.5	1.0	3.17
	17.7	33.5	1.5	4.48
	15.3	27.0	3.0	11.11
	15.4	31.0	2.4	7.74
15.2.73	17.5*	40.5	2.5	6.17
	17.4	25.5	1.5	5.88
12.4.73	18.7	40.0	1.5	3.75
	17.9	37.3	2.0	5.36
	16.2*	25.0	3.5	14.00
	16.7	24.5	0.2	0.82
	18.0	33.2	3.1	9.34
27.4.73	17.2	31.5	3.0	9.52
	19.7	41.0	2.5	6.10
16.5.73	18.7	42.2	4.2	9.95
	18.6	35.5	2.0	5.63
	15.2	23.5	1.0	4.25
	16.8	27.0	2.5	9.26
30.5.73	15.8	21.5	0.5	2.32
	17.2	27.5	0.7	2.54
	19.2*	34.5	0.5	1.45
	18.6	35.5	2.0	5.63
14.6.73	20.0*	44.0	1.8	4.09
	15.0	20.0	0.5	2.50
	16.1	28.5	1.4	4.91
	16.0	27.0	2.5	9.26

Fecha	*Longitud total en cm*	*Peso total del pez en g*	*Peso de los testes en g*	*IGS o IM*
28.6.73	18.0	31.0	0.9	2.90
	17.5*	30.5	0.7	2.29
	14.4	16.8	1.0	5.95
	16.9	25.6	2.0	7.81
	15.8*	21.8	1.1	5.04
	14.7	18.4	1.0	5.43
	16.1	23.7	2.0	8.44

---

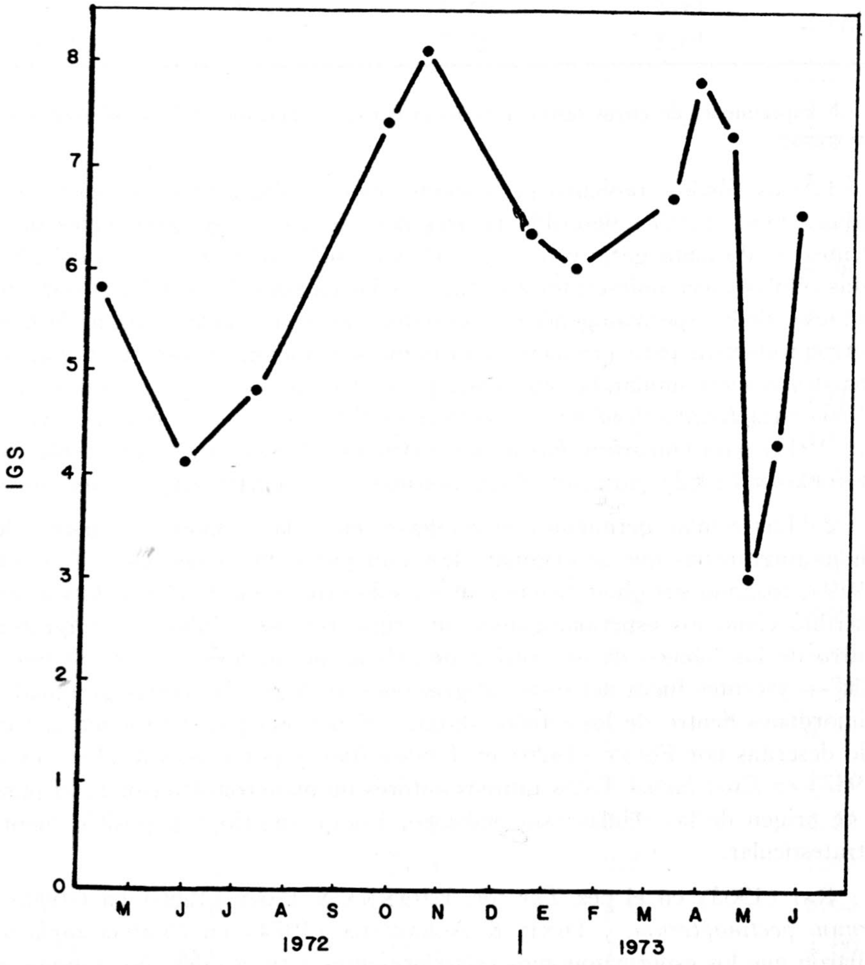
* Especímenes de cuyos testes se hicieron cortes y microfotografías publicadas en este trabajo.

1. Los lóbulos contienen permanentemente células germinales indiferenciadas. HANN (1927) describió la presencia de las células germinales durmientes —"dormant germ cells"— en el pez *Cottus bairdii* a través del año. Estas células yacen quiescentes a lo largo de las paredes de los lóbulos durante los meses de la espermatogénesis y reproducción, y se dividen durante la fase post-reproductiva para producir la próxima generación de espermatogonios. Una descripción similar ha sido dada para otros peces, v. gr. BENNINGTON (1936) para *Betta splendens,* BULLOUGH (1939) para *Phoxinus laevis,* WEISEL (1943) para *Oncorhynchus nerka,* STENGER (1959) para *Mugil cephalus,* HENDERSON (1962) para *Salvelinus fontinalis,* CALA (1976) para *Idus idus.*

2. Las células germinales se renuevan en cada temporada a partir de células migratorias que se originan de algún punto fuera del teste. TURNER (1919), basando sus observaciones en un solo especimen de *Perca flavescens,* describió cómo los espermatogonios se originaron de células que migraron dentro de los lóbulos de un cordón de células germinales —"cord of germ cells"— yacentes fuera del teste. Migraciones análogas de células germinales primordiales dentro de los lóbulos durante el período post-reproductivo han sido descritas por FOLEY (1926) en *Umbra limi,* y por LOFTS & MARSHALL (1957) en *Esox lucius.* Estos últimos autores no pudieron determinar el punto de origen de las células; sin embargo, FOLEY sugirió una posible fuente extratesticular.

RAI (1965) en el pez *Tor tor,* KHANNA & PANT (1966) en *Glyptosternum pectinopterum,* y DIXIT & AGRAWALA (1974) en *Puntius sophore,* hallaron que los espermatogonios están presentes a través del año, aunque su número es altamente reducido durante la temporada de la reproducción.

El origen y producción de las células germinales en *Eremophilus mutisii* está de acuerdo con el primer modelo o teoría antes descrita. O sea, que las



Gráfica 1. Relación del índice gonosomático (IGS) con los meses del año en especímenes machos del pez *Eremophilus mutisii*. Datos basados en la Tabla 1. La irregularidad aparente de la gráfica se debe en parte, a cierta deficiencia de material y a cierto error sistemático.

células germinales primordiales están presentes a lo largo de las paredes lobulares durante todas las fases del ciclo reproductivo anual y como tales, forman una existencia permanente de células germinales maduras. Una división intensa de estas células tiene lugar a principios de la involución una vez terminada la fase eyaculatoria (Fig. 9). Sin embargo, parece que las células germinales durante el verano (diciembre-marzo) y subsecuente período inmediatamente antes y durante la reproducción, atraviesan por una fase de poca actividad celular. Consecuentemente, alguno de los productos de las divisiones de estas células forman los espermatogonios y los restantes constituyen las células germinales de reserva —"reserve germ cells"— como las denominó SUZUKI (1939). WEISEL (1943) también las llamó células germinales en reposo —"resting germ cells"—.

Las gónadas están llenas de espermatozoos maduros (nov./dic.-abril). Durante los meses de verano (dic.-marzo), la actividad espermatogenética es muy reducida.

La duración de la reproducción de *Eremophilus mutisii* es amplia (mayo-agosto, con un máximo en junio-julio) si se compara con la de peces de zonas templadas, donde las estaciones son bien definidas, que se reproducen en un período de tiempo muy corto. En condiciones climatológicas favorables, v. g. poblaciones de *Idus idus*, en el sur de la península escandinava, la fase reproductiva dura prácticamente tres días una vez la temperatura del agua ha alcanzado 5°C y se mantiene por encima de este límite durante los primeros días primaverales (CALA 1970). Algunos individuos de *E. mutisii* parece que se reproducen días antes o después de este límite de tiempo.

La época de la reproducción está sometida a fluctuaciones ecológicas relacionadas con factores ambientales, tales como duración y tiempo de iniciación y terminación del período de sequía, iniciación e intensidad inicial de las primeras lluvias del año. Parece que el período reproductivo del capitán en el sistema del río Bogotá sólo se inicia cuando sus aguas han alcanzado un nivel alto con estas lluvias en abril/mayo.

La fase post-reproductiva del capitán (agosto-nov./dic.), la cual comienza en mayo para los primeros peces en reproducirse y en agosto para los últimos, se caracteriza inicialmente por una involución de los testes y por una división intensa de las células germinales primordiales en las paredes lobulares. Los espermatozoos residuales son absorbidos aparentemente por fogositosis.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Depto. de Biología de la Universidad Nacional, donde se realizó el Trabajo; a COLCIENCIAS por el apoyo financiero otorgado.

Igualmente agradezco a los Profesores PER BRINCK y ERIK DAHL por las facilidades prestadas en sus laboratorios en la Universidad de Lund (Suecia).

REFERENCIAS CITADAS

BENNINGTON, N. L. 1936. Germ cell origin and spermatogenesis in the siamese fighting fish, *Betta splendens*. *J. Morph.*, **60**: 103-125.

BULLOUGH, W. S. 1939. A study of the reproductive cycle of the minnow in relation to the environment. *Proc. Zool. Soc. Lond., Ser. A.*, **109**: 79-102.

CALA, P. 1970. On the ecology of the ide *Idus idus* (L.) in the River Kävlingean, South Sweden. *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm*, **50**: 45-99.

— 1971. Size and age at maturity, ripening and fecundity of the ide *Idus idus* (L.) *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm*, **51**: 31-46.

— 1976. Age at maturity, testicular development and seasonal changes in the testes of the ide *Idus idus* (L.) (Pisces, Cyprinidae) in the River Kävlingean, South Sweden. *Rep. Inst. Freshw. Res., Drottningholm*, **55**: 5-14.

CALA, P. & N. G. SARMIENTO. 1982. Cambios histomorfológicos en el ovario del pez capitán, *Eremophilus mutisii* Humboldt 1805 (Pisces: Trichomycteridae), durante el ciclo reproductivo anual, en la laguna del Muña, sistema río Bogotá, Colombia. *Acta Biol. Colombiana*, **1** (1) : 9-30.

CRAIG-BENNETT, A. 1931. The reproductive cycle of the threespined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. *Phil. Trans. Roy Soc. Lond., Ser.* B, **219**: 197-280.

DIXIT, R. K. & N. AGRAWALA. 1974. Seasonal morphohistological changes in the testes of *Puntius sophore* (Ham.). *Zool. Beitr.*, **20** (2) : 213-221.

FOLEY, L. O. 1926. The spermatogenesis of *Umbra limi* with special reference to the behaviour of the spermatogonial chromosomes and the first maturation division. *Biol. Bull. Woods Hole*, **50**: 117-147.

HANN, H. W. 1927. The history of the germ cells of *Cottus bairdii* Girard. *J. Morphol. and Physiol.*, **43**: 427-497.

HARRINGTON, R. W. 1956. An experiment on the effects of contrasting daily photoperiod on gametogenesis and reproduction in the centrarchid fish, *Enneacanthus obesus* (Girard). *J. Exp. Zool.*, **131**: 203-223.

— 1957. Sexual photoperiodicity of the cyprinid fish, *Notropis bifrenatus* (Cope), in relation to the phases of its annual reproductive cycle. *J. Exp. Zool.*, **135**: 529-556.

HENDERSON, N. E. 1962. The annual cycle in the testis of the eastern brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill). *Can J. Zool.*, **40**: 631-641.

JAMES, M. F. 1946. Histology of the gonadal changes in the bluegill, *Lepomis macrochirus* (Rafinesque), and the largemouth bass, *Huro salmoides* (Lacépède). *J.* Morph., **79**: 63-91.

KHANNA, S. S. & M. C. PANT. 1966. Structure and seasonal changes ln the testes of a hill stream fish, *Glyptosternum pectinopterum*. *Jap. J. Ichthyol.*, **14** (1/3): 110-119.

LOFTS, B. & A. J. MARSHALL. 1957. Cyclical changes in the distribution of the testis lipids of a teleost fish, *Esox lucius*. *Quart. J. Micr. Sci.*, **98**: 79-88.

MARSHALL, A. J. & B. LOFTS. 1956. The leydig-cell homologue in certain teleost fishes. *Nature.*, **177**: 704-705.

MATHEWS, S. A. 1938. The seasonal cycle in the gonads of *Fundulus*. *Biol. Bull. Woods Hole*, **75**: (1) 66-74.

RAI, B. P. 1965. Cyclical changes in the testes of the mahseer *Barbus tor (Tor tor)*. *Acta Anat.*, **62**: 461-475.

STENGER, A. H. 1959. A study of the structure and development of certain reproductive tissues of *Mugil cephalus* Linnaeus. *Zoologica, N. Y.*, **44**: 53-70.

SUZUKI, K. 1939. Regeneration of the gonads in *Plecoglossus altivelis* after spawning season. *Cytologia, Tokyo*, **10**: 113-126.

TURNER, C. L. 1919. The seasonal cycle in the spermary of the perch. *J. Morph.*, **32**: 681-711.

WEISEL, G. F. 1943. A histological study of the testes of the sockeye salmon *(Oncorhynchus nerka)*. *J. Morph.* **73**: 207-230.

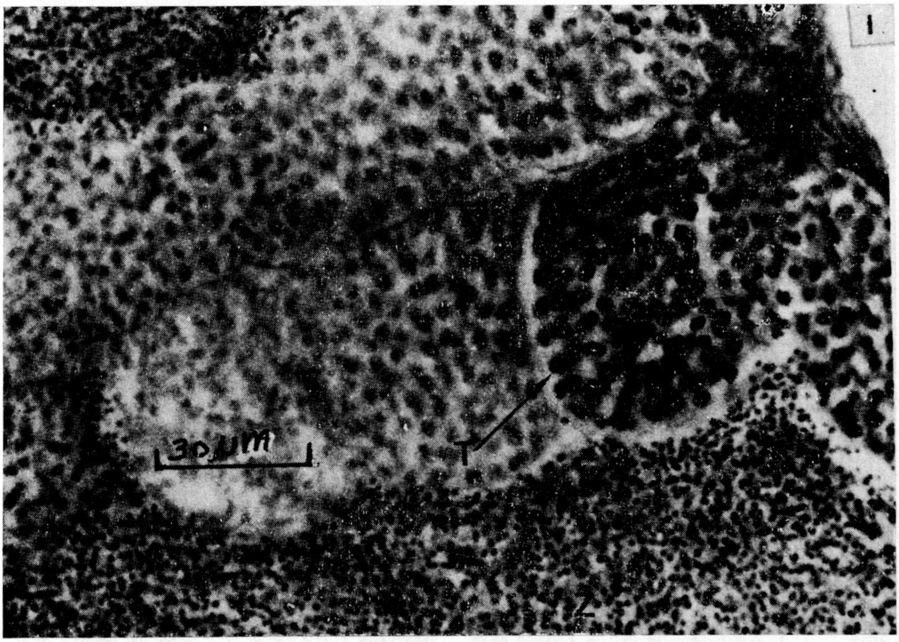


FIGURA 1. Gónada en intenso proceso espermatogénico o de maduración. Se observa la formación de espermatocitos (T) a partir de un quiste de espermatogonios (G). x 160.

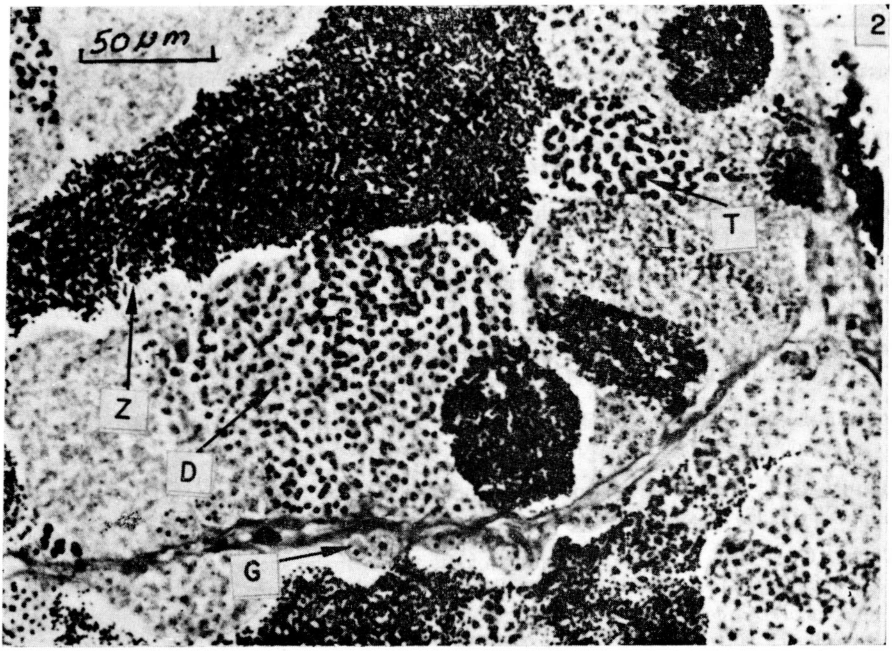


FIGURA 2. Gónada en intensa actividad espermatogenética. Se observan espermatogonios (G), espermatocitos (T) y espermátides (D). Estos últimos en proceso de metamorfosis o formación de espermatozoos (Z). x 102.

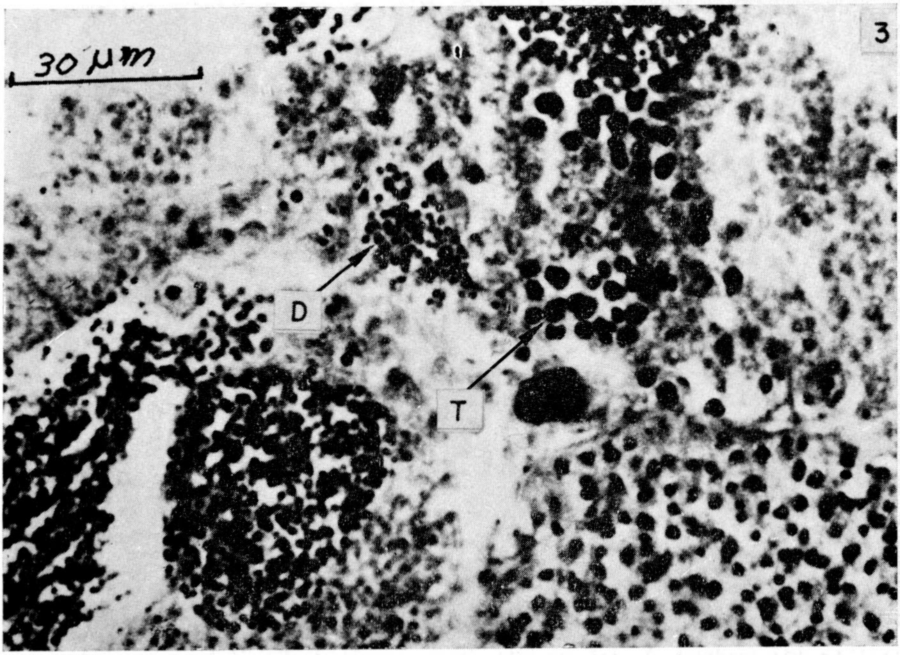


FIGURA 3. Gónada en intensa actividad espermatogenética. Se aprecian en mayor aumento los espermatocitos (T) y espermátides (D). x 205.

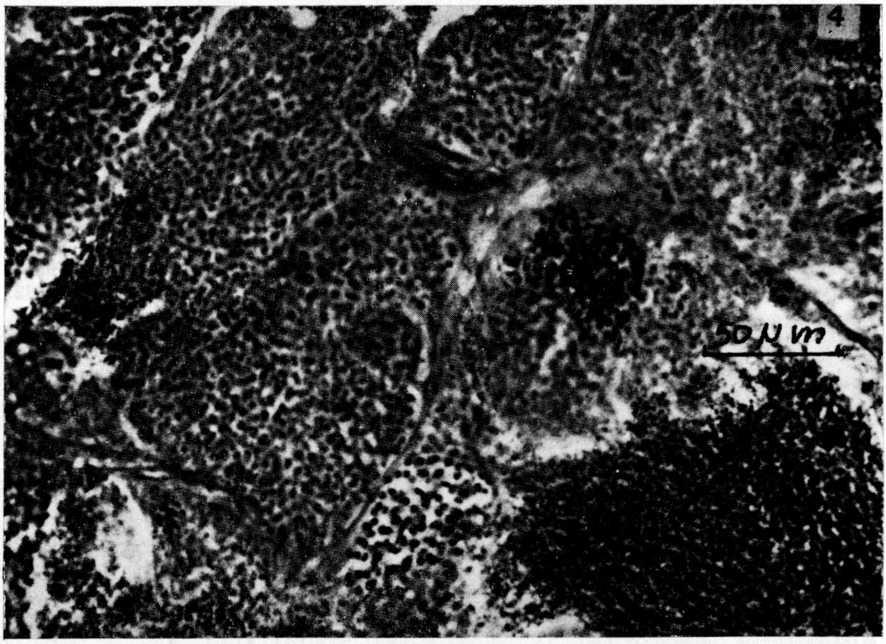


Figura 4. Gónada en avanzado estadio de maduración. Se observan todos los estadios del proceso espermatogenético con abundancia de espermatozoos (Z). x 102.

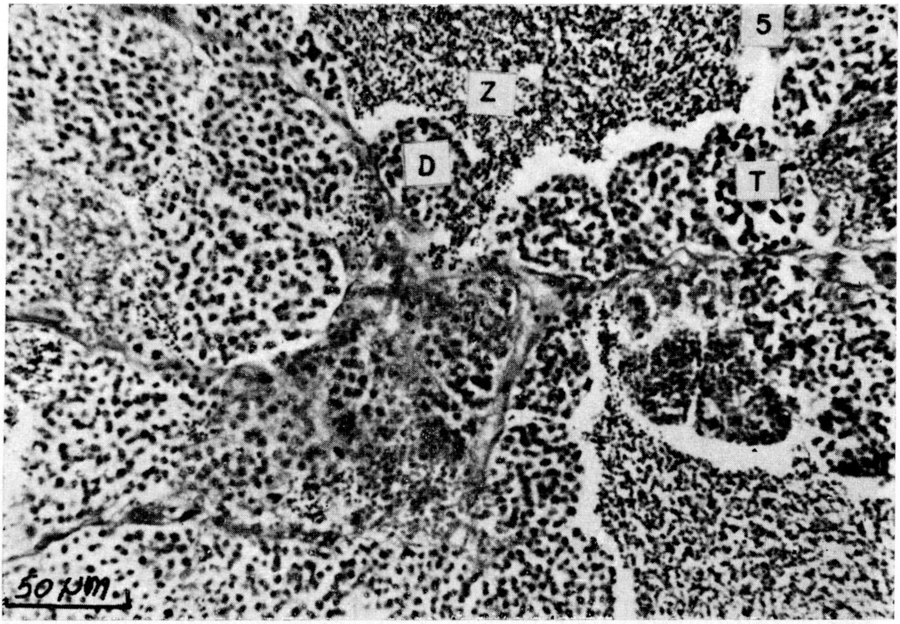


FIGURA 5. Gónada en avanzado estadio de maduración de un pez que probablemente se reproduciría al final del período reproductivo de 1973. Se observan diferentes estadios del proceso espermatogenético con abundancia de espermatozoos (Z) en el lumen (L). x 82.

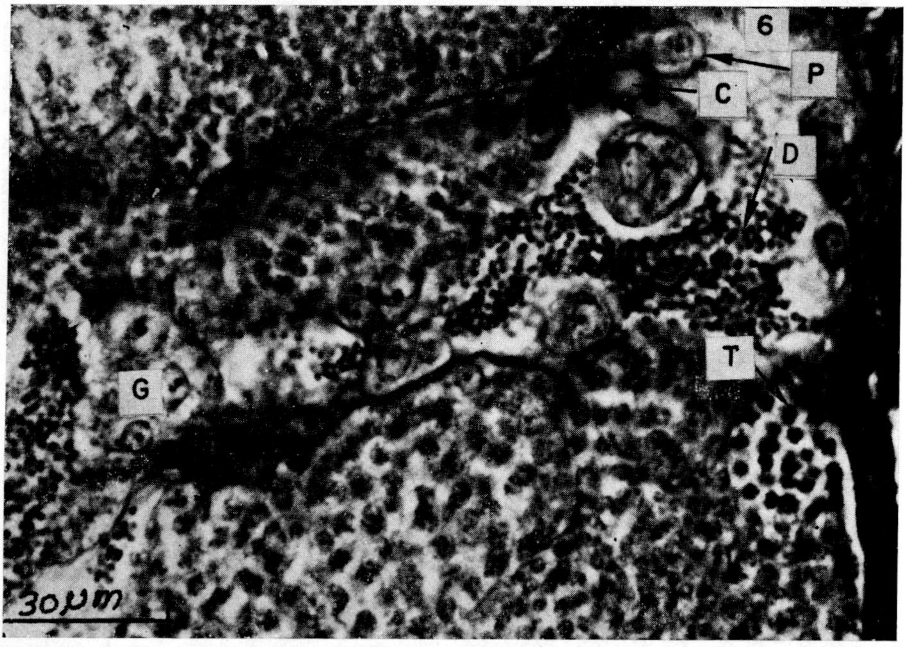


FIGURA 6. Gónada en avanzado estadio de espermatogénesis, pues al presionar el vientre del pez hubo derrame de esperma. No obstante, se observa una parte periférica del teste con los primeros estadios de la espermatogénesis bien diferenciados. Los espermatogonios primarios (P) forman quistes espermatogoniales por divisiones consecutivas de los mismos. x 205.

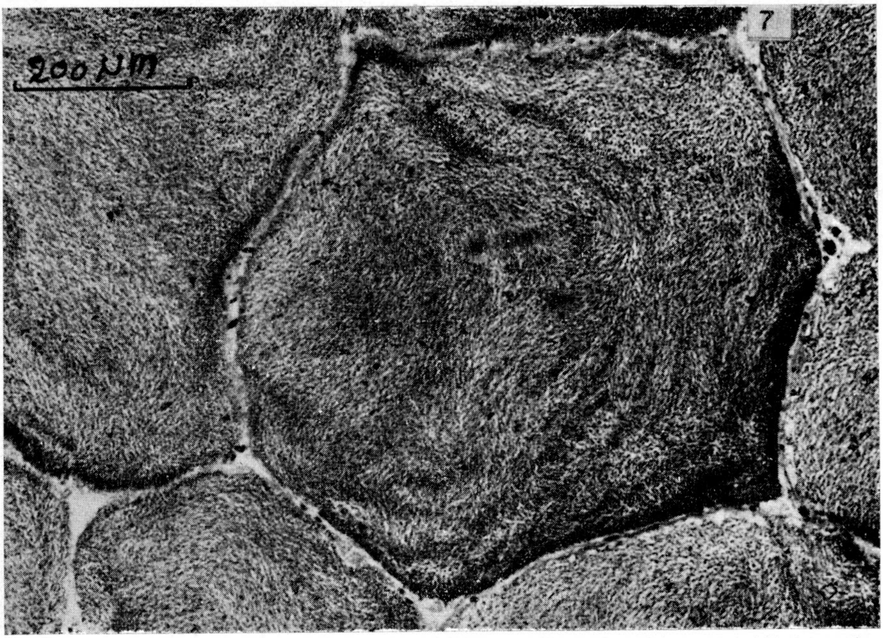


Figura 7. Gónada en la culminación del proceso espermatogenético, con lóbulos tubulares, con paredes delgadas, completamente llenas de espermatozoos maduros (Z). x 32.

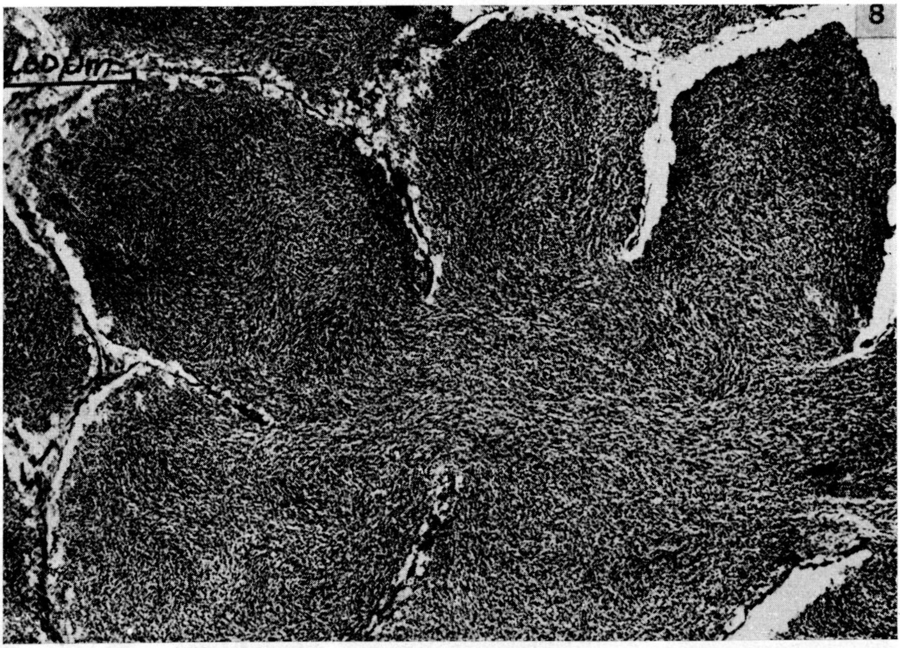


Figura 8. Gónada completamente llena de espermatozoos maduros viables (Z). Se observan las paredes lobulares parcialmente rotas y el esperma llenando el conducto espermático. x 25.

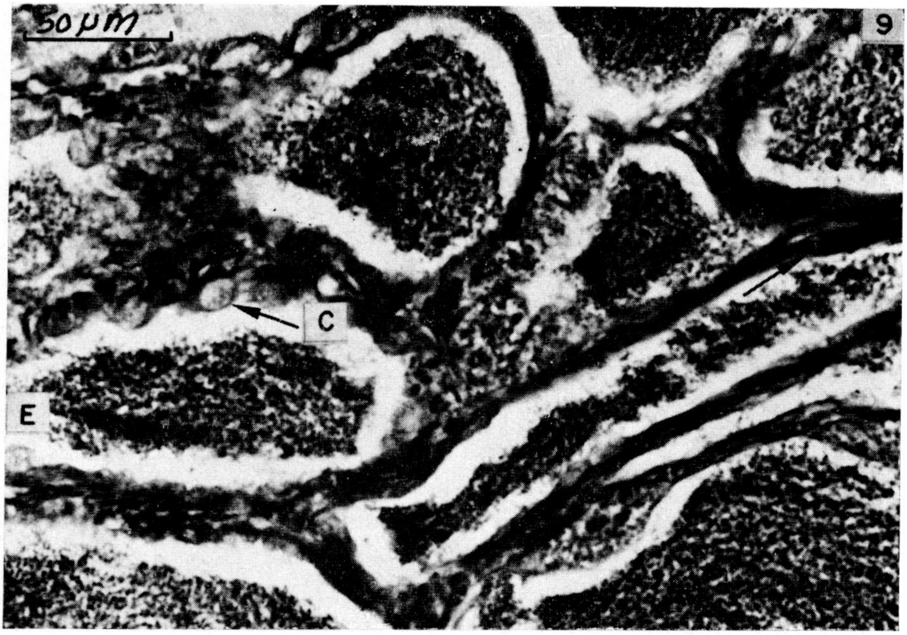


FIGURA 9. Gónada recientemente eyaculada en proceso de involución y con abundante esperma residual (E) en el lumen. El tejido conectivo colapsa y las paredes lobulares (flecha) se engrosan. Las células germinales primordiales (C) son muy notorias en la periferia interna de la pared lobular. x 102.

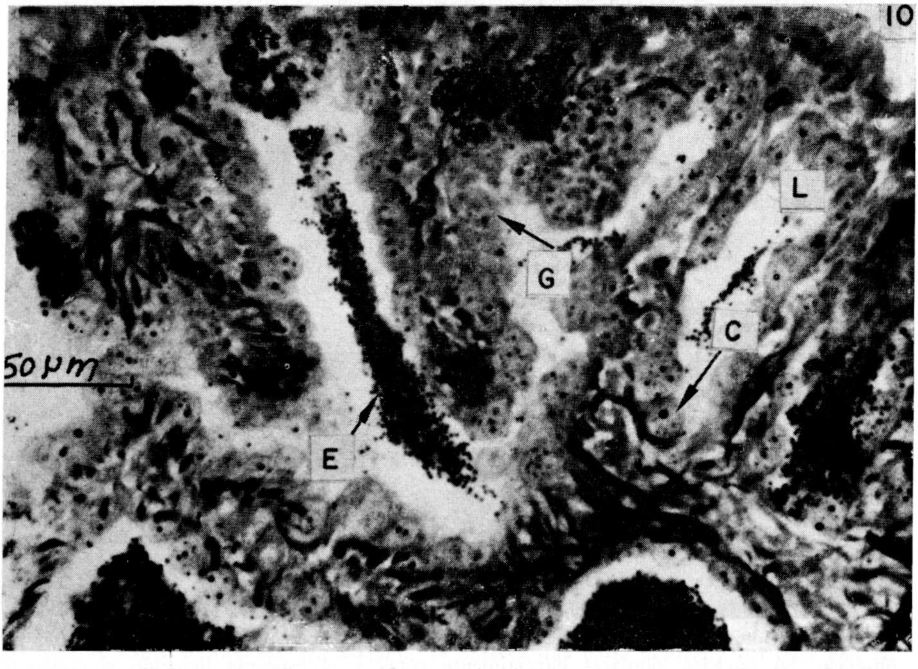


FIGURA 10. Gónada después de la reproducción con esperma residual (E) en el lumen en menor cantidad. La actividad o proliferación espermatogonial se ha iniciado. x 102.

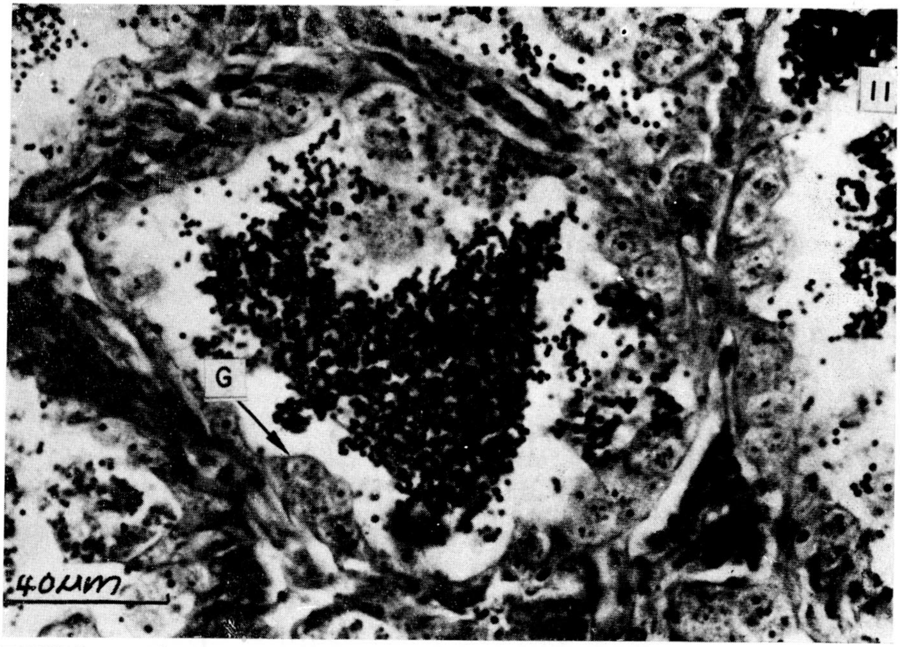


FIGURA 11. Gónada inmediatamente después de la reproducción y aún con esperma residual (E) en el lumen. Obsérvese la formación de quistes de espermatogonios (G) en el interior de la pared o periferia lobular. x 160.

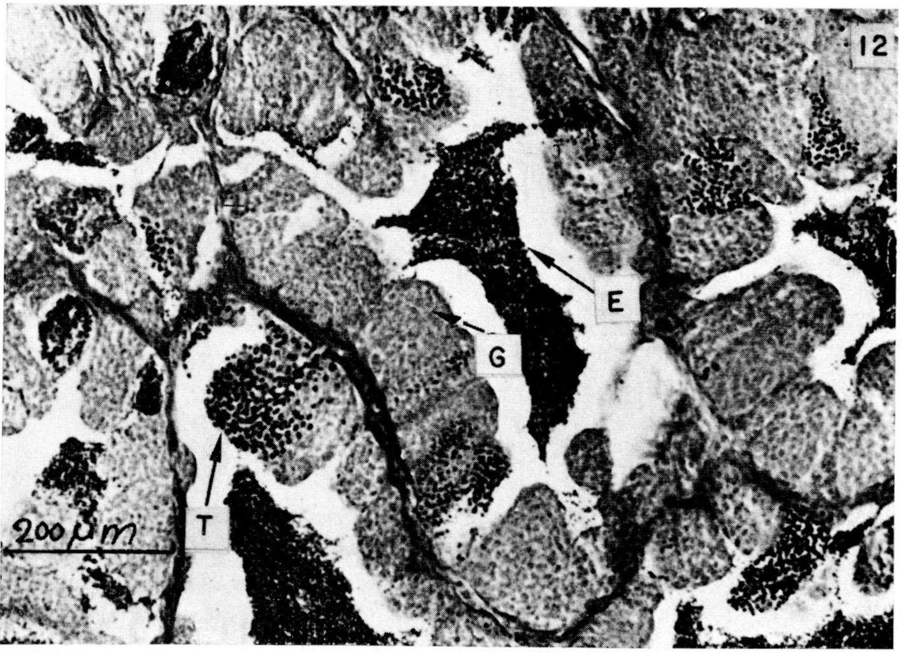


FIGURA 12. Gónada en la fase post-reproductiva, en intensa actividad espermatogenética, con quistes espermatogoniales bien diferenciados. Obsérvese la formación de los primeros espermatocitos (T) en diferentes quistes o grupos de espermatogonios (G). Todavía se observa esperma residual (E) en el lumen de los lóbulos. x 64.